

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

Od vlné technologie

Katedra od vlnictví

Studijní program: N3106 Textilní inženýrství



SVĚTOVODNÁ VLÁKNA V ODĚVNÍCH MATERIÁLECH

Optical Fibres in Clothing Materials

DENISA ERNÁ

KOD/2010/06/18/MS

Vedoucí práce: Doc. Ing. Jakub Wiener, Ph.D.

Počet stran: 55

Počet obrázků : 37

P r o h l á š e n í

Prohlašuji, že p edložená diplomová práce je p vodní a zpracovala jsem ji samostatn . Prohlašuji, že citace použitých pramen je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona . 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umíst ním diplomové práce v Univerzitní knihovn TUL. Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalá skou práci se pln vztahuje zákon .121/2000 Sb. O právu autorském, zejména § 60 (školní dílo). Beru na v domí, že TUL má právo na uzav ení licen ní smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že s o u h l a s í m s p í padným užitím mé diplomové práce (prodej, zap j ení apod.).

Jsem si v doma toho, že užít své diplomové práce i poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat p í m ený p í sp vek a úhradu náklad , vynaložených univerzitou na vytvo ení díla (až do jejich skute né výše).

Beru na v domí, že si svou diplomovou práci mohu vyzvednout v Univerzitní knihovn TUL po uplynutí p ti let po obhajob .

V Liberci 30. 4. 2010

.....

Denisa erná

Pod kování

Tímto bych cht la pod kovat panu Doc. Ing. Jakubovi Wienerovi, Ph.D. za odbornou pomoc a konzultace k této práci. Dále bych cht la up ímn pod kovat paní Ing. Pet e Prokop ákové za poskytnutí cenných rad ohledn metalografického pr ezu a panu Ing. Vladimíru Kova i ovi za pomoc p í jeho zpracování.

Téma: Sv tlovodná vlákna v od vních materiálech

Anotace: Tato diplomová práce je zaměřena na využití optických vláken v od vních materiálech. Teoretická část obsahuje popis principu šíření paprsku optickým vláknem, druhy a parametry vláken. Dále je zde popsána výroba a odvtví ve kterých dochází k uplatnění těchto sv tlovodů. Experimentální část se zabývá modifikací optických vláken pomocí optických zjasňovacích prostředků a aplikací optického vlákna do textilní struktury. Byl vymyšlen způsob jak optická vlákna napájet světlem pomocí metalografického přístroje.

Klíčová slova

sv tlovodné vlákno
disperze
numerická apertura
vlnová délka
mnohavidová vlákna

Topic: Optical Fibres in Clothing Materials

Annotation: This diploma thesis focuses on use of optical fibres in attire materials. The theoretical part includes a description of a principle of a dispersion of a light beam by an optical fibre, division and parameters of optical fibres. Further, there is a description of a manufacturing process and branches, in which are the fibre optic links used. The experimental part deals with modifications of optical fibres by using vivifying agents and their application into the textile structure. There is also an innovative way to supply optical fibres by light using a metallographic cross section.

Key words

Optic Fiber

Dispersion

Numerical aperture

Wave lenght

Multi Mode Fibers

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOL	9
---	---

1. TEORETICKÁ ÁST..... 10**1.1 Úvod..... 10****1.2 OPTICKÉ VLÁKNO..... 11**

1.2.1 PRINCIP OPTICKÉHO VLÁKNA 11

1.2.2 USPO ÁDÁNÍ OPTICKÉHO VLÁKNA..... 12

1.2.3 PARAMETRY OPTICKÉHO VLÁKNA..... 13

1.2.3.1 M rný útlum..... 13

1.2.3.2 Disperze 15

1.2.3.3 Numerická apertura – NA 16

1.2.4 TYPY OPTICKÝCH VLÁKEN 17

1.2.4.1 Jednovidové vlákno..... 18

1.2.4.2 Mnohavidové vlákno..... 19

1.2.5 VÝROBA VLÁKNOVÝCH SV TLOVOD 22

1.2.5.1 Materiály pro výrobu optických vláken 24

1.3 UPLATN NÍ A POUŽITÍ OPTICKÝCH VLÁKEN 25

1.3.1 TELEKOMUNIKACE..... 26

1.3.2 ZBROJNÍ PR MYSL 28

1.3.3 AUTOMOBILOVÝ PR MYSL 30

1.3.4 TEXTILNÍ PR MYSL..... 31

1.3.4.1 Inteligentní textilie 31

1.3.4.2 Dekora ní textilie..... 33

2. EXPERIMENTÁLNÍ ÁST 35**2.1 P ÍVOD SV TLA DO OPTICKÉHO VLÁKNA 35**

2.1.1 METALOGRAFIE 35

2.1.2 POSTUP ZHOVOENÍ METALOGRAFICKÉHO VÝBRUSU NA KONCI OPTICKÝCH VLÁKEN 37

2.2 APLIKACE OPTICKÉHO VLÁKNA NA TEXTILII 40**2.3 MODIFIKACE OPTICKÝCH VLÁKEN POMOCÍ OZP 44**

2.3.1 NÁNOS OZP + VODA	45
2.3.2 NÁNOS OZP + SOL GEL	48
2.4 ZÁV R.....	52
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A INTERNETOVÝCH ODKAZ	53
SEZNAM OBRÁZK	54

Seznam použitých zkratk a symbol

BA	- bavlna
°C	- Celsiova stupnice
cm	- centimetr
dB/km	- decibel na km
Gb/s	- Gigabit za sekundu - jednotka přenosové rychlosti. Udává, kolik bit informace je přeneseno za 1 sekundu.
IPA	- Izopropanol
IR	- infra červené záření
LED	- svítlový zářivý dioda
m	- metr
mW	- miliwatt (10^{-3} W) – jednotka výkonu
nm	- nanometr - jednotka vlnové délky
obr.	- obrázek
OZP	- optický zřetěvovací prostředek
PA	- polyamid
PL	- polyester
TEX	- texty
UV	- ultrafialové záření
Z	- počet zákrut na jednotku délky [m ⁻¹]

1. TEORETICKÁ ÁST

1.1 Úvod

Optická vlákna pat í k nejmodern ějším p enosovým médiím. K jejich využití dochází v n kolika oborech. V telekomunikacích a v po íta ových sítích se požívají jako optické vedení p edevším na delší vzdálenosti, protože p enos informace je rychlejší a hlavn ěmén ztrátový. Využívá se p íbližn ě 10 - 40 Db/s, ale vlákno dokáže vést až 111 Db/s. Každé optické vlákno je schopno vést paprsky pouze jedním sm rem. Pokud je požadován obousm rný provoz, musí se použít dvojice vláken spolu se dv ma editory a dv ma p íjíma í. Hlavní výhody jsou vysoká p enosová kapacita a nízký útlum.

Avšak optika se dá použít i na krátké vzdálenosti, využívá se pro spojení jednotlivých budov i uvnit ě jediné budovy, kdy p edevším šet í místo, protože jeden kabel optického vedení m ěže vést mnohem více dat než jeden kabel vedení metalického. Výhodou je, že vedení není rušeno elektrickou interferencí, což m ěže mít své využití v prost edích s vysokým nap tím, jako jsou elektrárny nebo kovové stavby, kdy je velké riziko výboje elektrické energie p íbou ích. Další výhodou je složitost odposlouchávání telefonních hovor ů proti elektrickým spojení. Optická vlákna mohou být také použita v prost edích, které obsahují výbušné nebo ho lavé látky i výpary, protože optické vlákno nevede žádnou elekt inu, takže nem ěže zp sobit vznícení.

Dalším využitím optických vláken je osv tlování a to p edevším v medicín ě nebo v budovách, kdy je sv tlo vedeno ze st echy do neosv tlených ástí. Jedná se o nový hybridní slune ní systém sloužící k osv tlování vnit ku dom ě. Jsou v n m zcela vypušt ěny fotovoltaické lánky (slune ní baterie) kv ěli jejich nízké ú innosti. Kolektory umíst ěné na st eše sbírají slune ní zá ení a to se pomocí sv tlovod ů odvádí p ímo do vnit ku budovy.

Pomocí optických vláken se dají osv tlovat jak interiéry, tak exteriéry (fontány, muzea, tane ní parkety, reklamní loga atd.) V neposlední ád slouží také k dekorativním ú el m (váno ní strome ky, zahradní architektura, dekora ní textilie).

Rozvoj optických vláken se neomezuje pouze na optické komunikace, ale proniká i do jiných odv tví. Velkého využití našly v ídicí a regula ní technice jako r zné senzory. V textilním pr mysly se optická vlákna staly hlavním p edstavitelem inteligentních ídel.

Díky přenosu optického signálu dokáží informovat o změnách např. teploty i o přítomnosti chemických látek. Využívají se zde optická vlákna gradientová, nikoliv ta „standardní“ používaná pro přenos signálu v počítačových sítích.

Odvětví optických komunikací zaznamenává každým rokem nástup nových technologií a nárůst celkového objemu výroby.

1.2 Optické vlákno

Historie

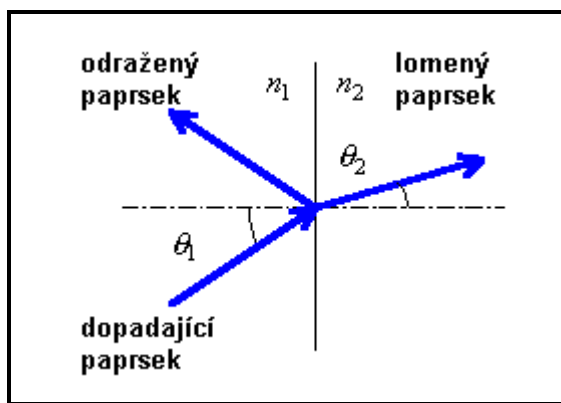
Optické vlákno je kombinací aplikované fyziky a inženýrství. Vedení světelného signálu bylo poprvé realizováno Danielem Colladonem a Jacquesem Babinetem, ale poprvé se po něm začalo využívat až ve 20. století, kdy jej využili zubní lékaři jako světýlko pro osvětlení úst pacienta zevnitř. Ale až v šedesátých letech se dospělo k názoru, že zúžením vedení by se mohlo dosáhnout mnohem lepších výsledků v cíli, čímž se myslí mnohem méně ztrát, což vyvolalo myšlenku použití optických vláken jako komunikačního prostředku. V dnešní době se již používají mnohem tenčí optická vlákna.

Optická vlákna, světlovody, umožní přenos optického záření o vlnových délkách od 200 nm do 20 μm , což je ultrafialové (UV), viditelné (VIS) a infračervené (IR) optické záření. Rozsah vlnových délek, pro které je vlákno vyráběno je dáno konstrukcí a použitými materiály jádra a pláště. Podstatou světlovodů jsou optická vlákna vyrobená ze skla nebo z polymeru, přemrštěná vlákna se pohybují podle požadavků od několika mikrometrů až po 100 mikrometrů.

1.2.1 Princip optického vlákna

Princip šíření je založen na odrazu paprsku na rozhraní dvou materiálů a podmínkou pro tento odraz je aby index lomu jádra byl větší než index lomu pláště (Snellův zákon odrazu a lomu). Na rozhraní (jádro - plášť) dochází k totálnímu odrazu a záření navázané do jádra vlákna se šíří k jeho konci s minimálními ztrátami.

Světlo které prochází vláknem pod úhlem menším (vzhledem k povrchu vlákna) než je úhel kritický, tak vlákno podle Fresnelovy funkce (resp. podle zákonů optiky) nemůže opustit.



Obr. 1 Snellův zákon

1.2.2 Úspořádání optického vlákna

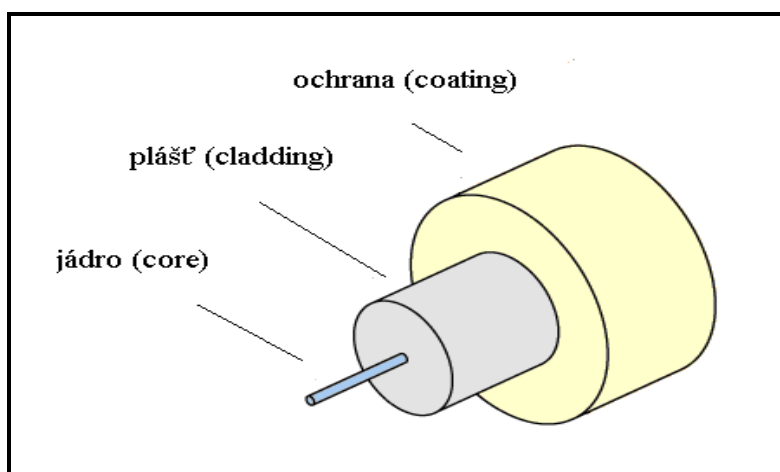
Základem optického vlákna je jádro a plášť, které mají předem dané optické vlastnosti a slouží k přenosu světelných paprsků.

jádro (vnitřní vrstva) – slouží k přenosu světelného signálu,

plášť (prostřední vrstva) – svými optickými vlastnostmi zabezpečuje správnou funkci vlákna a přitom se prostě naplňuje vlhkostí,

ochrana (vrchní vrstva) – plní funkci ochrany optického vlákna před znečištěním. U skleněných vláken umožňuje ohýbání vlákna z křehkého skla, nejčastěji je vyrobena z plastu

Již při tažení je světlovodné vlákno pokrýváno tenkou vrstvou vhodného materiálu, tvoří tzv. primární ochranu vlákna a slouží ke zlepšení mechanických vlastností a k jeho odolnosti proti nepříznivým vlivům prostředí. Většina vláken je opatřena ještě dalším ochranným obalem, který chrání vlákno proti vnějším klimatickým, chemickým a mechanickým vlivům i proti vlivům vysokých teplot. Jedná se o tzv. primární a sekundární ochranu. Její vlastnosti jsou určujícím faktorem pro prostředí, ve kterém má být vlákno použito.



Obr. 2 Složení optického vlákna

1.2.3 Parametry optického vlákna

1.2.3.1 Měrný útlum

Zeslabení světelné intenzity se udává pomocí měrného útlumu. Měrný útlum optických vláken je závislý na jejich typu a na vlnové délce, na které jsou optická vlákna provozována. Obecně lze říci, že optická vlákna vykazují zanedbatelný útlum, který se reálně projevuje až ve stokilometrových vzdálenostech. Pro optický přenos informace má nejvyšší význam oblast přibližně od 1,2 μm do 400 nm. Je to proto, že do této oblasti vlnových délek spadají minima útlumu materiálu používaných pro výrobu svítivod (optických vláken). V oblasti ultrafialového záření (UV) a zejména na hranici záření rentgenového jejich útlum narůstá. Hlavními příčinami útlumu světelného signálu v optickém vlákně jsou *absorpce* a *rozptyl* světelných paprsků.

Absorpce - foton je absorbován:

1.) Materiálem

2.) Ne čistotami

foton je absorbován například skupinou – OH na vlnových délkách 1,37, 1,32 a 0,95 μm .

Proto je nutné se vyhnout světelnému svazku s touto vlnovou délkou.

3.) Atomární defekty

mohou vznikat při výrobě vláken, ale také například při jeho ozáření rentgenovými paprsky, gama paprsky apod.

Rozptyl

1.) Zpravidla dochází k tzv. **Rayleighovu rozptylu**, kdy intenzita rozptýleného světla silně závisí na jeho vlnové délce (je nepřímo úměrná její čtvrté mocnině).

2.) **Geometrický faktor** se uplatňuje tam, kde je vlákno ohýbáno. Je-li při ohybu překročen kritický úhel, svazek vystupuje z vlákna.

Ztráty vznikají:

- přímo v materiálu vlákna;
- na rozhraní prostředí vlákna;
- při spojování vláken;
- na ohybech optického vlákna.

mikroskopický ohyb - deformace pláště v řádu milimetru

makroskopický ohyb - projevují se především útlumem na vyšších vlnových délkách

Útlum optického vlákna je udáván v dB/km. Je měřítkem ztrát optické energie ve vlákně. Je definován jako poměr vstupního světelného výkonu P_1 a výstupního světelného výkonu P_2 pro danou vlnovou délku λ dle vztahu:

$$\text{útlum} = b = 10 * \log \frac{P_1}{P_2}$$

Měrný útlum vlákna α je útlum na 1km délky. Získáme ho z následujícího vztahu, když ho podělíme délkou vlákna l :

$$\alpha = \frac{b}{l} = \frac{1}{l} * 10 * \log \frac{P_1}{P_2}$$

<u>MATERIÁL</u>	<u>M RNÝ ÚTLUM (dB/km)</u>
Okenní sklo	50 000
Hustá mlha	500
Atmosféra	10
Optické vlákno	0,3

Hodnota útlumu u k emíkových vláken se ádov pohybuje v desetínách decibelu na kilometr. Plastová vlákna mají útlum p ibližn 50-100 dB/km.

Maximální vzdálenost, na kterou je možné dosáhnout ist optickými prost edky (neboli jedním souvislým "kusem" kabelu) je v praxi dána jak druhem použitého sv telného zdroje, tak p edevším kvalitou samotného vlákna. S nejstaršími typy optických kabel se jednalo o jednotky, nejvýše o desítky kilometr . S postupným zmenšováním útlumu, s dalším zkvalit ováním optických vláken (nap . se stále menším obsahem ne istot v k emíkovém vlákne) a se zdokonalováním sv telných zdroj se dosažitelná vzdálenost samoz ejm zv tšuje. Dnes je realitou dosah v ádu stovek kilometr , v laboratorních podmínkách pak i tisíce.

1.2.3.2 Disperze

Disperze je p í inou zkreslení p enášeného signálu, dochází ke zpož ování impuls a zm n jejich tvaru.

Druhy disperze v optických vláknech:

- vidová disperze
- chromatická disperze – skládá se z materiálové a vlnovodné disperze
- polariza ní vidová disperze

Vidová disperze

Tento jev se projevuje u mnohavidových vláken. Vyvoláme-li na vstupu optického vlákna světelný impuls, tento impuls se obecně rozloží do mnoha vidů a každý vid má ještě nenulovou spektrální šířku - skládá se z několika složek o různé vlnové délce. Dochází k rozdílné rychlosti a dráhy šíření jednotlivých vidů (paprsků) ve vláknu.

Vlivem disperze dochází k deformaci tvaru impulsu - snižuje se jeho amplituda a rozšiřuje se v čase. Tento jev má pro přenos - způsobuje omezení délky opakovacích úseků. Proto se v telekomunikacích používají jednovidová vlákna, protože se tím odstraní vliv vidové disperze, která má obvykle vyšší hodnotu než disperze chromatická.

Chromatická disperze

Jednotlivé spektrální složky téhož vidu se šíří odlišnou rychlostí, s vlnovou délkou se mění index lomu. Na konec vlákna spektrální složky dorazí v jiném časovém okamžiku, mají jiný časový průběh než na začátku vlákna.

Polarizační vidová disperze

Tento jev se projevuje u jednovidových vláken. Jediný vid, který se šíří jednovidovým vláknem, se šíří ve dvou vzájemně kolmých polarizačních rovinách. Jakákoliv kruhová nesymetrie vlákna způsobí šíření obou polarizací jinou rychlostí - dochází k rozšíření impulsu nebo zkreslení signálu. Polarizační disperze má obvykle menší hodnoty než chromatická.

1.2.3.3 Numerická apertura – NA

Numerická apertura vyjadřuje míru schopnosti vlákna ze svého okolí navázat do svého jádra optický svazek. Je to nejvyšší úhel, pod kterým může světelný paprsek vstupovat do optického vlákna tak, aby byl vláknem přenesen. Paprsky, které budou dopadat pod vyšším úhlem se šířit vláknem nebudou. Pro vedení optického záření světlovodem je podmínkou úplný odraz paprsku na rozhraní jádro - plášť. Je-li mezní velikost úhlu paprsku k ose vlákna překročena, dojde na rozhraní jádra s pláštěm k jeho lomu a paprsek se neodrazí. Projde do pláště a dojde k jeho vyvážení ven z vlákna. Numerická apertura je nejčastěji odvozena z výzvací charakteristiky vlákna

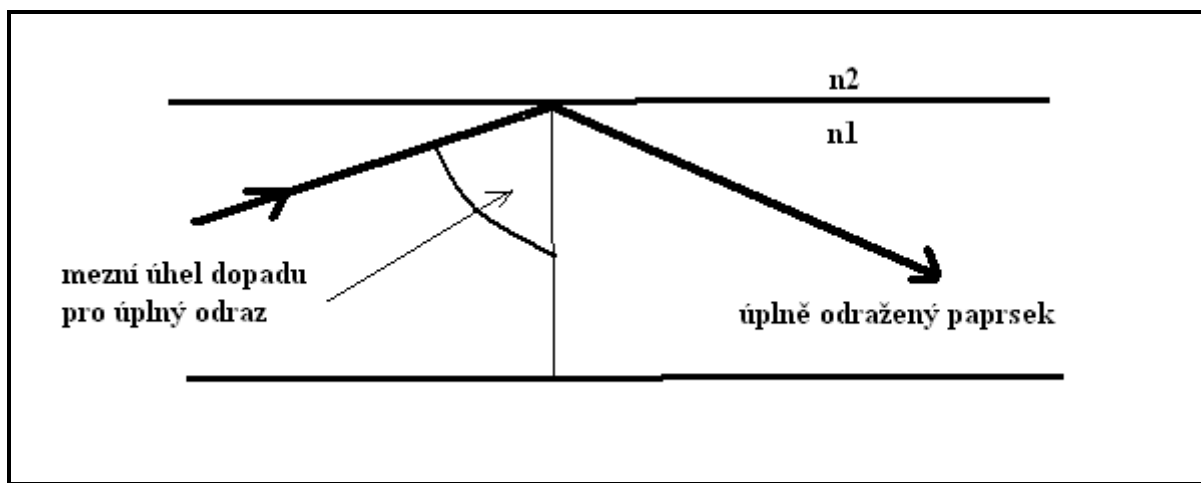
Numerická apertura u vláken s homogenním jádrem – se skokovou změnou indexu lomu lze vyjádřit :

$$NA = \sin \theta_{\max} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

n_1 - index lomu materiálu jádra

n_2 - index lomu materiálu pláště

θ_{\max} - maximální úhel, pod kterým se vstupující paprsky budou ještě šířit od začátku ke konci vlákna



Obr. 3 Numerická apertura

1.2.4 Typy optických vláken

jednovířová vlákna

mnohovýřová vlákna

hybridní – obsahuje jednovířová i mnohovýřová vlákna

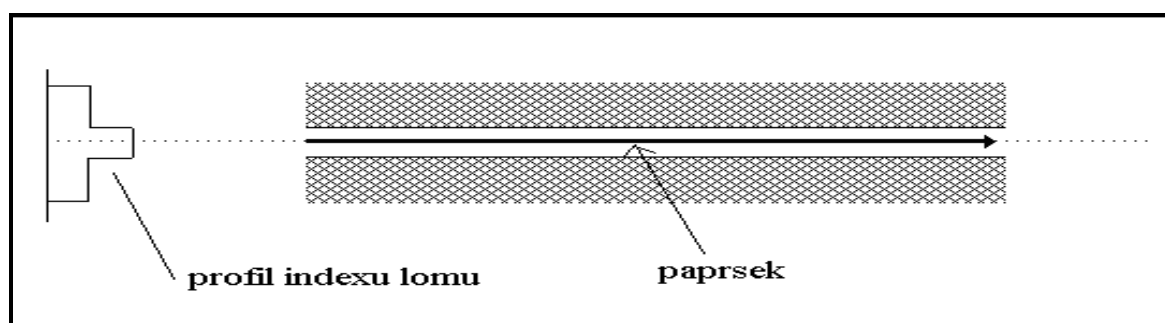
Líší se mezi sebou rozměry jádra tzn. rozměry prostředí, kterým je přeneseno optické záření.

1.2.4.1 Jednovidové vlákno

Jednovidová vlákna (zkratka *SMF - Single Mode Fibers*) vykazují nejlepší parametry optické p enosové cesty. Mají ze všech vyráb ných optických vláken nejv tší ší ku pásma a nejmenší útlum. P enášejí jeden paprsek (vid) a jsou tém výhradn používána pro p enos informací na velké vzdálenosti. P enos dat na vzdálenosti je 100 krát v tší než u mnohavidového vlákna. Paprsek se vláknem ší í ve sm ru jeho osy bez odraz , tím je dosahováno malým pr m rem jádra a také velmi malým pom rným rozdílem index lomu jádra a plášť . Pr m r jádra je od 4 do 10 μm . Velikost používaného pr m ru je závislá na p enášené vlnové délce sv telného paprsku (nap . pro vlnovou délku 450 nm je pot ebný pr m r jádra kolem 5,5 μm). Nejb žn jší typ jednovidových vláken má pr m r jádra 8-10 μm a je navrhován hlavn pro užití v pr mslu, kde se používá infra červené sv tlo.

Základní charakteristika:

signál tvo en jedním videm, který se ší í podél osy jádra, p i ohybu se odráží od jádra,
nejrozší en jší vlákno v telekomunikacích,
malý útlum a velká ší ka pásma,
malá hodnota numerické apertury,
pr m r plášť se pohybuje kolem 125 μm ,
pr m r primární ochrany 250 μm ,
numerická apertura $NA = 0,12 - 0,13$
používané vlnové délky: 350 – 1 800 nm dle typu vlákna,
výroba z homogenní skloviny (sklo s vhodnými p ím semi).



Obr. 4 Princip p enosu paprsku jednovidovým vláknem

PM vlákna

PM vlákna (*Polarization Maintaining* – vlákna udržující polarizaci sv telných paprsk) jsou jednovidová optická vlákna, která mají schopnost udržovat lineární polarizaci procházejících sv telných paprsk . Všechny ostatní typy optických vláken p enášejí náhodn polarizované optické zá ení. Když je na vstup PM vlákna vhodným zp sobem p ivedeno lineárn polarizované optické zá ení, je výstupní optické zá ení rovn ž lineárn polarizované. Tento p enos polarizovaného optického zá ení je d ležitý pro n které aplikace nap . sv tlovodné lasery, senzory apod. Aby PM vlákno plnilo svoji funkci, musí být vstupní optické zá ení dokonale polarizované.

Technologie WDM

WDM = „více v jednom“

Obecn jsou optická vlákna ur ena pro jednosm rný p enos. Pro obousm rnou trasu je tedy nutné mít alespo 2 vlákna. Jedno pro p íjem a druhé pro vysílání. Toto omezení však padlo s nástupem technologie *vlňového multiplexu WDM (Wavelength-division multiplexing)*. Tato technologie by se dala p írovnat k frekven nímu multiplexu, kdy pro jednotlivé p enosy jsou využívány r zné frekvence. V p ípad technologie WDM, jsou jednotlivé p enosy realizovány sv tlem o r zných vlnových délkách, tedy r zných "barvách". Technologie WDM se využívá práv u jednovidových vláken, kdy pro p íjem/vysílání je použita vlnová délka 1550 nm a vysílání/p íjem vlnová délka 1310 nm.

Technologie WDM je neustále ve vývoji a jako technologie, které z ní vzešly lze ozna it: WWDM, CWDM a DWDM - kdy je pro p enos využito více vlnových délek, což umož ůuje zvýšit propustnost (nap íklad již d íve instalovaného) vlákna [1].

1.2.4.2 Mnohavidové vlákno

Mnohavidová vlákna (zkratka *MMF – Multi Mode Fibers*) p enášejí více paprsk (vid). Oproti jednovidovým vlákn m mají relativn velký pr m r jádra a numerickou aperturu NA. Pr m r jádra se pohybuje od 50 μm do 2000 μm . Protože mají v tší pr m ry jader, jsou mén citlivé na vlnovou délku p enášeného paprsku. Vyráb í se sklen ná nebo plastová.

Podle toho, jak optické vlákno vede paprsek a jak se m ní jeho optické vlastnosti na rozhraní mezi jádrem a plášť m rozd lujeme vlákna na :

vlákna se skokovou zm nou indexu lomu;

vlákna s postupnou zm nou indexu lomu (gradientní vlákna)

Vlákna se skokovou zm nou indexu lomu (SI – step index)

Index lomu jádra n_1

Index lomu plášť n_2

Na rozhraní jádra a plášť dochází k ostrému lomu. Mnohavidovým vláknem se ší í paprsky (vidy) po r zných drahách, proto nedorazí paprsky na konec vlákna ve stejném okamžiku, ale postupn , p enos signálu se rozprost e do delšího asového úseku než byla jeho ší ka na vstupu vlákna. Ve vlákn proto dochází díky tomuto rozdílnému ší ení k *disperzi* (*rozptylu*). Vlákna jsou vyráb na v mnoha r zných provedeních. Používají se ke komunikaci na krátké vzdálenosti i jako vláknové senzory [2].

Typy konstrukce vlákna:

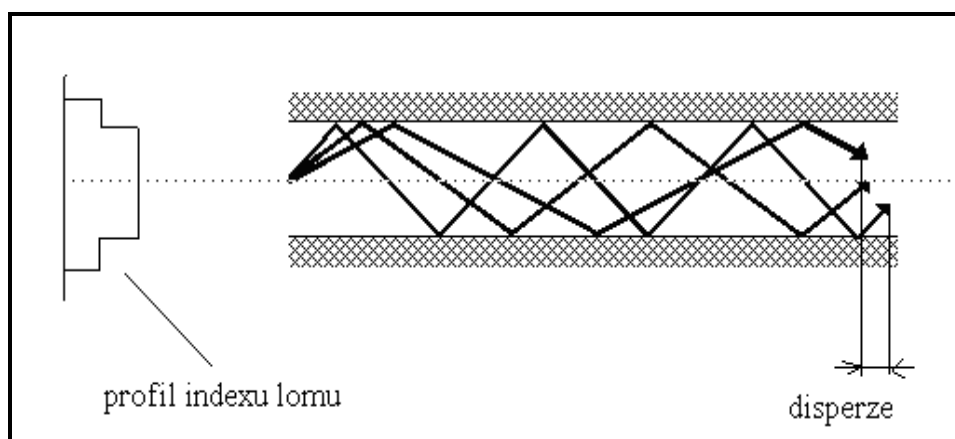
sklo – sklo, jádro i pláš jsou vyrobeny z SiO_2 , které bývá dotavováno p ím semi, nebo ze speciálních typ skel.

pastová vlákna POF – (jádro i pláš z plastu), mají velký útlum a nízkou ší ku pásma, p enášejí informaci nízkými p enosovými rychlostmi. Jsou levná.

HCS (*Hard Clad Silica*) – mají sklen né vlákno a pláš ze speciálního tvrdého plastu. Vlákna mají o dost horší optické vlastnosti než vlákna s konstrukcí *sklo-sklo* a jsou levn jší.

kapalinové sv tlovody – jádro je tvo eno kapalinou

sv tlovody s dutými vlákny – jádro je tvo eno dutinou v trubi ce ze speciálního materiálu. Jsou používány zejména v oblasti infra červeného zá ení [3].



Obr. 5 Vlákn o se skokovou zm nou indexu lomu

Gradientní vlákna

Gradientní vlákno umožnilo zmenšit vidovou disperzi mnohavidového vlákna. Optické zá ení se ší í rychleji v prost edí s nižším indexem lomu než v prost edí s indexem lomu vyšším. Proto paprsky ší ící se blíže k plášti, kde má index lomu menší hodnotu, mají v tší rychlost a celková doba jejich ší ení vláknem na velké vzdálenosti se málo liší od doby ší ení p ímého paprsku, který prochází st edem jádra a tedy prost edím s nejv tší hodnotou indexu lomu. Paprsky sv tla se hladce ohybují hned jak se p íblíží k plášti, rad ji než by se náhle odrážely od rozhraní. Paprsek opisuje sinusovou k ivku, což výrazn snižuje *vidovou disperzi* (jednotlivé vidy dojdou na konec vlákna zhruba ve stejném asovém okamžiku).

Konstrukce vlákna je vždy SiO_2 jádro / SiO_2 pláš s p ím semi, kterými jsou v tšinou germanium (Ge), bor (B), fosfor (P) nebo fluor (F), slouží k p ízp sobení indexu lomu jádra a plášť. Gradientní vlákna jsou velmi ásto používána v datových aplikacích na vzdálenosti stovek metr . Mají tenké jádro, nejsou proto vhodná pro p enos velkého sv telného výkonu.

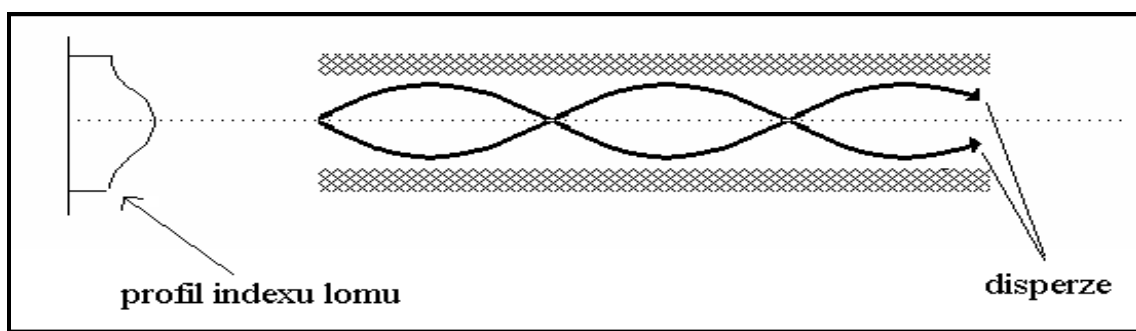
V tšina gradientních vláken má pr m r jádra 50/125 μm , 62,5/125 μm , 85/125 μm a 100/140 μm . Tyto rozm ry se staly pr myslovým standardem.

Základní charakteristika gradientních vláken:

útlum = $0,8 - 5 \text{ dB/km}$ (v tší útlum nastává na vlnové délce 850 nm, menší na 1300 nm)

ší ka pásma = $500 \text{ MHz} \cdot \text{km}$ na 850 nm až $1500 \text{ MHz} \cdot \text{km}$ na 1310 nm p i rozm rech vlákna 50/125 μm .

trajektorie paprsk odpovídá pr b hu funkce sinus, což má za následek dosažení v tší ší ky pásma



Obr. 6 Vlákn o s gradientní zm nou indexu lomu

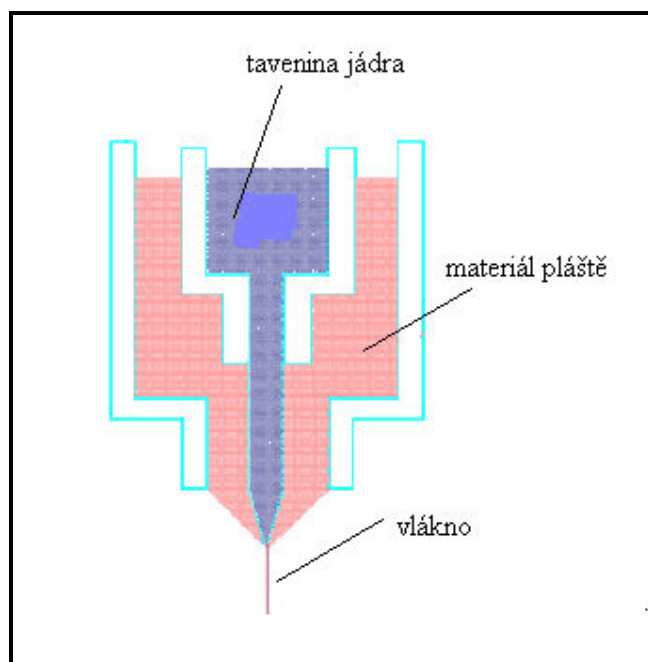
1.2.5 Výroba vlákn ových sv tlovod

Standardní optická vlákna jsou nejprve konstruována o velkém pr m ru p edlisk s pe liv kontrolovaným profilem indexu lomu, a pak tahem p edlisk se tvo í dlouhé, tenké optické vlákno.

Jsou užívány dva základní zp soby:

1. metoda dvojího kelímku

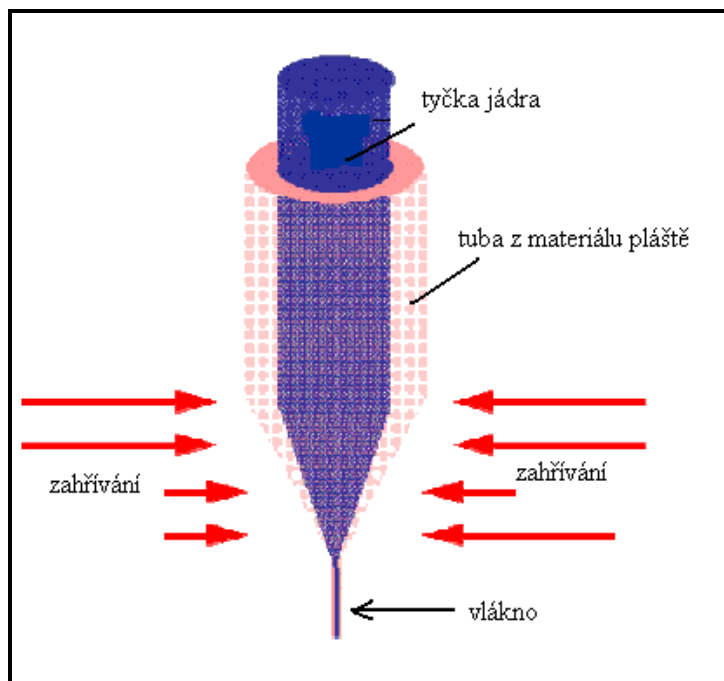
Vlákno je vyráb no ze dvou koncentrických kelímek , v jednom je roztavený materiál jádra a ve druhém materiál plášt . Takto je možné, dodáváním taveniny do kelímek , vyráb t vlákna libovolné délky.



Obr. 7 Metoda dvojího kelímku

2. metoda "tyčka v trubce"

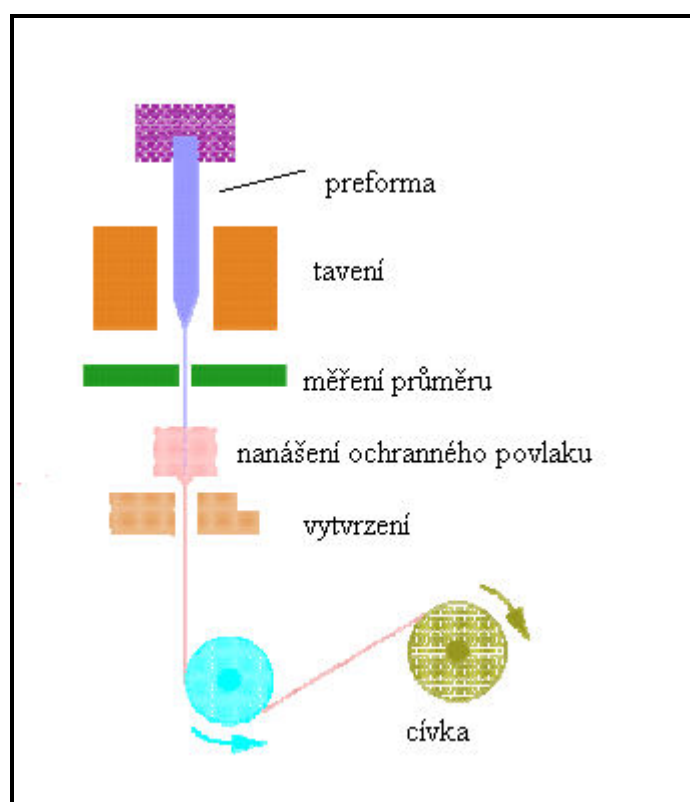
Vlákno je vyráběno natavením tyčky materiálu jádra zasunutého v trubce z materiálu pláště.



Obr. 8 Metoda "tyčka v trubce"

Výroba vláken z preformy

Preformou rozumíme válec z materiálu vlákna (v etn povrchové vrstvy z materiálu plášť). Do vysokofrekven n oh ívané trubky z k emi ítého skla jsou postupn zavád ny plynné chemikálie, jejichž plazmatickým rozkladem vzniká nejprve vrstva plášť a pak vrstva jádra. Výroba vlákna z preformy je provád na natavováním preformy, m ením pr m ru "odtékajícího" vlákna a pokrýváním vlákna ochranným plášť m. Vychlazené vlákno s ochranným (zpravidla polymerovým) plášť m je navíjeno na cívku.



Obr. 9 Výroba vláken z preformy

1.2.5.1 Materiály pro výrobu optických vláken

Sklen ná optická vlákna jsou tém vždy vyrobená z k emene, ale n které další materiály, jako jsou nap . chalcinogení skla, jsou použity pro delší- vlnovou délku. Stejn jako ostatní skla, i tyto skla mají index lomu asi 1,5. Nej ast ji se užívají skla sodnovápenatá,

boritok emi itá, speciální skla s vysokým obsahem GeO_2 a k emenné sklo (optické vlnovody vysoké kvality).

Plastová optická vlákna (POF) jsou b žn vlákna s jádrem o pr m ru 0,5 mm nebo v tší. POF obvykle mají vyšší útlum než sklen ná vlákna, 1 dB / m nebo vyšší. Z plastických materiál jsou užívány nej ast ji polymetymetakryláty (PMM), ale i nap . polymetylsiloxany a další materiály. Ze speciálních materiál pro vlákna s velmi malým útlumem jsou užívány nap . ZnCl_2 , AgCl , nebo AgBr [4].

Pavou í templát pro optická vlákna

Pavouci druhu *Nephila madagascariensis*, kte í žijí na Madagaskaru a *Stegodyphus pacificus* (jižní Asie, St ední východ) sp ádají své síť z vláken, jež se dají použít jako templát pro p ípravu miniaturních optických vláken.

Yushan Yan z University z Californie v Riverside opakovan mo il vlákna zmín ných pavouk v tetraethylorthosilikátu a pak žíhal p i 420°C . Vzhledem k tomu, že p i žíhání dojde k zmenšení objemu a p vodní vlákno se odpa í, získal miniaturní trubi ky z oxidu k emi itého, jež mají žádoucí optické vlastnosti. Použil-li 10 nm silné pavu iny pavouka *Stegodyphus pacificus*, získal optické vlákno o pr m ru 2 nm. Možností využití této technologie v mikroelektronice a fotonice mohou být zna né [5].

1.3 Uplatn ní a použití optických vláken

Uplatn ní optických vláken

telekomunikace
zbrojní pr mysl
automobilový pr mysl
zdravotnictví
kosmonautika
vojenské systémy

Optická vlákna jsou používána:

- pro přenos dat (např. počítačové sítě)
- pro přenos signálu v měřicích zařízeních
- ve spektroskopii
- jako osvětlení a světelná dekorace
- pro realizaci senzorů

1.3.1 Telekomunikace

Optická vlákna jsou široce využívána v komunikacích, kde vlákno umožňuje přenos na delší vzdálenosti a při vyšších přenosových rychlostech dat, než jiné formy komunikace. Světlo prochází přes vlákno s malým útlumem ve srovnání s elektrickými vodiči. Dosahují až 111 Gb/s, i když typické rychlosti v nasazených systémech jsou 10 - 40 Gb/s. Každé vlákno může provést mnoho nezávislých toků s použitím různých vlnových délek světla. Vytváření sítí v krátké vzdálenosti pomocí optických kabelů (např. v budovách) šetří prostor v kabelovém vedení, protože jediné vlákno může přenášet mnohem více dat než jeden elektrický kabel. Vlákna jsou zároveň imunní vůči elektromagnetickému rušení a nejsou elektricky vodivá, což je dobré řešení pro ochranu komunikací umístěných na vysoké napětí, jako jsou např. kovové konstrukce náchylné na úder blesku. Přestože vlákna mohou být vyrobena z průhledného plastu, skla nebo kombinací obou materiálů, jsou na velké vzdálenosti vždy použity sklená vlákna, z důvodu nižších optických útlumů. Používají se jak jednovidová (pro delší vzdálenosti) tak multivídná vlákna (kratší vzdálenosti do 550m).

Výhody optických vláken oproti metalickým vodičům

Základním rozdílem mezi metalickými a optickými kabely je ten, že u metalických kabelů jsou data přenášena pomocí elektrických signálů, zatímco v optických kabelech je signál přenášen světelnými impulzy.

Z hlediska použití pro účely přenosu signálu mají optická vlákna následující výhody oproti metalickým vodičům:

Velká šířka pásma - optické nosné vlny odpovídají frekvencím 10¹³-10¹⁶ Hz = obrovský potenciál přenášených rychlostí. Přenosové pásmo je možné v nich kterých případech zvětšovat na již položeném kabelu dodatečně díky nasazení nových technologií,

Přenos na velké vzdálenosti - vzhledem k nízkému útlumu je možný dosah desítky km bez zapojení aktivních prvků, tak jako je tomu u metalických sítí. Navíc s rozvojem nových optických technologií se vzdálenosti dále mohou zvyšovat,

Odolnost proti elektromagnetické interferenci a působení magnetického pole - u optických vláken neexistují působící a díky použité technologii je lze použít i v silně zarušeném elektromagnetickém prostředí,

Bezpečnost přenosu - přenášené světlo nevyzačuje do okolí, signál nelze jednoduše vyvázat. A v případě vyvázání dojde k poklesu signálu na koncovém zařízení a to tak může vyvázání detekovat,

Menší průměr a nižší hmotnost kabelů,

Dostupnost výroby vláken - vlákna se vyrábí z křemíku, který je dostupný téměř všude (nejde o strategickou surovinu).

V současné době jsou metalické (tj. zejména měďné) kabely nejrozšířenějším médiem používaným pro přenos v počítačových sítích. Mezi jejich nevýhody patří relativně krátký dosah bez zapojení aktivního prvku na trase, a také se tyto kabely blíží k maximu svých možností. Zatím co technologie optických vláken jde stále kupedu a jejich možnosti se neustále zvyšují a nikdo dopředu si zatím netroufá odhadnout jakých teoretických rychlostí lze na optických vláknech dosáhnout. Nevýhodou metalických vodičů je také fakt, že pokud se u těchto kabelů má dosáhnout kvalitního přenosu, pak se nesmí šetřit na množství v nich obsažené mědi a ta dnes rozhodně nepatří mezi levné suroviny.

1.3.2 Zbrojní pr mysli

Historie mí idel

Vývoj mechanických mí idel pro služební pistole a revolvery prod lal za posledních dvacet let neuv íitelný skok vp ed. V minulosti byla mí idla (muška i hledí) vytvo ena p ímo z materiálu zbran a tvarov co nejjemn jší, aby umožnila „nejp esn jší zamí ení“. Tvarov muška p ípomínala jemnou st íšku nebo lichob žník a zá ez hledí m l tvar písmene “U“ nebo “V“. Zá ezy hledí m ly v í mušce ásto nejmenší možný rozm r, aby byla mezi muškou a hledím co nejmenší „sv tla“ a dle dobového názoru tak zamí ení co nejp esn jší. Zvýrazn ní barvou se považovalo za rušivé pro klidné pe livé zamí ení a proto se nepoužívalo.

Mí idla Fiber Optic

Firma TRUGLO z USA za ínala ve zbrojním oboru jako dodavatel tzv. sv tlovodných vláken a stala se s tímto sortimentem v bec jedním z prvních výrobc . Sv tlovodná vlákna po svém obvodu sbírají sv tlo a soust e ují jej do jednoho bodu - do svého konce, který tak díky soust ed ní toku sv tla vypadá jakoby svítil vlastním zdrojem. Pro svá vlákna zpo átku vyráb la více í mén povedené konstrukce jednoduchých mí idel, ur ené pro pistole kulovnice a brokovnice. Ukázalo se, že vizuální kontrola svítících bod je neuv íitelná, rychlá a pro o i nejmén únavná. V krizové situaci nebo ve sportu se na svítící mí idla nemusí st elec snažit „zaost ít“, ztrácí tak mén ásu a m že se lépe soust edit na innost cíle, p ípadn ter e.

Základní verze mí idel pro služební a sportovní použití je osazena íst sv tlovodnými vlákny. Sv tlovodné vlákno a jeho upevn ní je citliv jší na náraz. Materiálem mušky i hledí je proto ušlechtilá tepeln zpracovaná ocel. Vlákno je v mušce kryto bo nicemi ze stran a shora je muška otev ená kv li sb ru sv tla do vlákna. Bo nice vybíhají po stranách výrazn nad vlákno a chrání tak vlákno proti nárazu shora. Upevn ní vlákna v ocelovém t le mušky je provedeno mírným roztavením vzadu (z pohledu st elce) a zalepením do otvoru vp edu. V hledí jsou vlákna upevn na stejným zp sobem a také je stejnou filozofií ešena jeho maximální odolnost. Konstrukce hledí je nezvykle masivní a navíc s ochranou výstup vlákna ke st elci, tvo enou speciálním profilem.



*Obr. 10 Mířidlo používající technologii svítivodných vláken.
Kontrastující body. Muška červená a zelené body hledí.*

Mířidlo Tritium/Fiber Optic

Doslova revolucí jsou mířidla svítící ve dne i v noci. Zoodolná celočelová konstrukce mušky a hledí kombinuje denní svítivodné vlákno s tritiovým zdrojem. Před vláknem (smerem od střelce) je v nárazu vzdorném pouzdře chytře umístěna tritiová lampa. Ve dne je tedy vlákno vláknem a v noci kdy nemá odkud sbírat světlo, slouží jako vodič záření tritiového zdroje. Střelec vybavený technologií T.F.O. (Tritium+ Fiber Optic), tedy přechází plynule z denního do nočního režimu a je tak připraven na jakékoliv světelné podmínky [6].



Obr. 11 Mířidlo používající patentovanou T.F.O. technologii

Výhody mířidla Tritium/Fiber Optic

Provedení se samostatnými svítivodnými vlákny umožňuje extrémně rychlé, přesné a snadné zamíření bez únavy očí, i při déle trvajícím střelbě. Je vhodné pro denní podmínky a zejména pro sportovní účely;

Provedení míčidel TRUGLO kombinující svítlovodná vlákna a Tritium (T.F.O.), je velkým přínosem pro zvládnutí jakékoliv situace. Díky neustálé snadné vizuální kontrole v jakýchkoliv podmínkách, výrazně zvyšují taktické vlastnosti zbraní ;

vlákna hledí a mušky mohou být barevně odlišena

míčidla TRUGLO a zejména jejich variantu T.F.O., lze v historickém kontextu definovat jako současný vrchol vývoje mechanických míčidel pro služební a obranné krátké zbraně .

Nevýhody míčidla Tritium/Fiber Optic

nevýhodou je delší konstrukce mušky kvůli vláknu.

1.3.3 Automobilový příměr

Německá společnost Schott AG vyvinula multijádrové optické vlákno pro přenos dat v automobilu, které je velmi odolné proti elektromagnetickému rušení, vzdoruje vyšším teplotám a má i lepší mechanické vlastnosti. Ve srovnání s polymerními světelnými vodiči, které se používají v dnešních vozech s vyspělou elektronikou, snese toto optické vlákno teplotu do 125 °C proti 85 °C u polymerních vodičů, takže je použitelné také v motorovém prostoru. Poloměr ohybu vlákna je 5 mm, aniž by došlo k nežádoucím útlumům při přenosu dat, to usnadní montáž a sníží nároky na místo. Mimo tyto vlastnosti má nové vlákno mnohem vyšší přenosovou rychlost - až do 1 Gbs a mimo propojení dnes již běžné elektroniky v automobilu - palubního počítače, navigace, CD/DVD přehrávače atd. - zajistí přenos dat aktivních bezpečnostních prvků, například minikamery a radaru v nárazníku, zabráňujících nehodám nebo usnadňujících snadnější zaparkování [7].

1.3.4 Textilní prmysl

1.3.4.1 Inteligentní textilie

Jsou to textilní struktury, které jsou citlivé na vnější podmínky a v závislosti na změnách těchto podmínek vrátně reagují. Inteligentní textilie musí mít ve své struktuře 2 hlavní složky – senzor a aktuátor (ovládací prvek).

Senzory – detekují jiné signály a transformují je na jiný typ signálu, který může být dále zpracováván člověkem nebo počítačem. Většina signálů snímaných senzory je transformována do elektrických impulsů [8].

Aktuátory – reagují na impulsy získané ze senzorů, nebo již na zpracovaná data.

Optická vlákna jsou hlavním představitelům inteligentních textilních materiálů. Optická vlákna upozorňují na změny ve vnějších polích. Uplatňují se především v přenosu optického signálu, především v přenosu informací o změnách teploty, mechanického namáhání, magnetického pole. Poskytují informace o propustnosti chemických látek. Neuplatňují se zde „klasická“ optická vlákna (jako u přenosu signálu telefonních a počítačových sítí), ale vlákna gradientová. Možností optických vláken využívá například textilie TACTEX. Tato textilie je schopna rozlišit polohu a sílu tlaku.

Dalším typem inteligentních textilních materiálů jsou **vlákna vodivá**, která se používají pro indikaci změny teploty.

Pasivní inteligentní textilie – textilie jsou pouhými senzory vnějších podmínek a podmínek. Patří sem indikátory stavu okolí. Najdeme mezi nimi optická vlákna, která přenášejí světelný signál, ale jsou i citlivá na magnetické pole, deformaci, koncentraci chemikálií, tlak, elektrický proud apod.

Aktivní inteligentní textilie – textilie má senzory i řídicí jednotky – aktuátory. Textilie identifikují změny ve vnějších podmínkách a reagují na ně. Jsou to například textilie s tvarovou pamětí, textilie měnící barvu („chameleonské textilie“), textilie obsahující teplo, textilie se schopností stabilizovat teplotu atd.

Superinteligentní textilie – tyto textilie jsou schopny identifikovat změny, reagovat na ně a přizpůsobit svou funkci v jiném podtémě.

Inteligentní textilie poskytují rozsáhlé možnosti využití, které je možné uskutečnit v textilním průmyslu, a to jak v oboru módy a odívání tak i oboru technických textilií od vojenských. Jedním z hlavních důvodů rychlého rozvoje inteligentních textilií jsou vojenské aplikace. Nová vlákna, textilní materiály a součástky miniaturizované elektroniky umožní vytvářet takové inteligentní textilie k vytvoření skutečně užitečných technických oděvů jako jsou oděvy kosmonautů, pilotů, lékařů, chemiků a dalších. S těmito inteligentními oděvy se počítá také k bezpečnému nošení, které umožní poskytovat pomoc k řešení neobvyklých situací denního života konstruovaných podle způsobu použití, jako třeba i k detekci ionizujícího záření.

Velkých úspěchů bylo dosaženo i v oboru medicíny. Zavedením elektroniky do oděvů lze zaznamenávat napříkladinnost srdce, tep, a tlak nositele, EKG, dech, teplotu a další činnosti oznamující nositelům obleků a lékařům případné poruchy organismu.

Monitorující textilie

Výzkumný ústav Georgia Tech se stal průkopnickým ústavem, který provádí integraci elektroniky s textilem. Během projektu v r.1996 vyvinul základní elektronický textilní prototyp GTWM s obchodním názvem inteligentní košile, která byla zhotovena pro bojové podmínky (obr.12). Oblečení využívá optických vláken k detekci zranění a speciální čidla, která monitorují zdravotní stav během bojů. Lékařská čidla, připojená k tělu zabudovaná do počítačové košile tvoří pak ohebnou řídicí desku. Textilní e-soustava GTWM je tkanina vytvořená z polymerových optických vláken a jiných speciálních inteligentních nití a tvoří integrovanou e-textilii. Systém GTWM určuje přesnou polohu fyzikálního problému na těle a poskytuje rychlou informaci. To umožňuje zjistit, kdo vyžaduje bezprostřední pomoc. Dále je pak možné nastavovat čidla v souladu s požadavky uživatele. Například plamenometník má čidla k zjištění kyslíku nebo jiných nebezpečných plynů. Jiné senzory sledují rychlost dýchání, tělesnou teplotu a další [9].



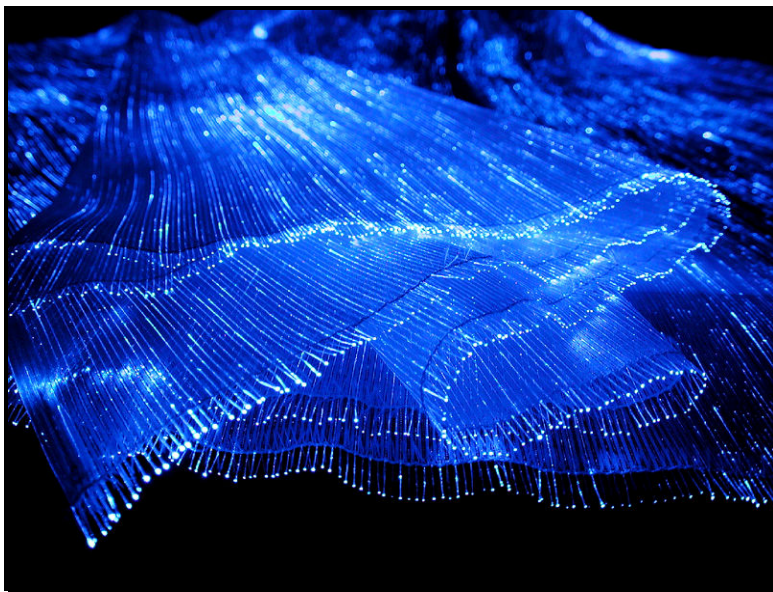
Obr. 12 Sundareshan Jayaraman vynalezl techniku, která využívá aplikaci optických vláken do oděvů

1.3.4.2 Dekorační textilie

Jsou vyrobené z tkaniny ve které jsou zatkány stovky velmi jemných optických vláken, čímž se dosáhne téměř pytlivého efektu způsobeného odrazem světla od povrchu vláken. Vlákná mohou být osvětlována buď LED – diodami nebo optickými vlákny, záleží na specifických podmínkách instalace. Textilie je dostatečně ohybná, aby mohla být použita jako klasická látka. S použitím optických vláken se mohou vyrábět záclony, závěsy nebo mohou být použity jako součást menších doplňků (povlaky na podhlavníky) apod. [10].



Obr. 13 Záclony se zatkávanými optickými vlákny – s napájením LED baterií



Obr. 14 Základní nezpracovaná textilie s optickými vlákny osvětlená z jedné strany



Obr. 15 Potah na podhlavník a polštář s použitím optických vláken

2. EXPERIMENTÁLNÍ ÁST

Etapy praktické ásti:

1. P ívod sv tla do optického vlákna
2. Aplikace optického vlákna na textilii
3. Nános opticky zjas ůjícího prost edku na optická vlákna

V t chto experimentech byla použita mnohavidová plastová optická vlákna o pr m ru 1,5 mm od firmy ASM spol. s.r.o.. Snímky byli po ízeny digitálním fotoaparátem značky Canon, typ DS 126151.

2.1 P ívod sv tla do optického vlákna

2.1.1 Metalografie

Metalografie je obor zabývající se zkoumáním kov ů a jejich slitin. Zkoumání struktury (zp sobu stavby) technických materiál ů m ů že p ínést adu poznatk ů o "historii" daného p edm tu, jeho ůžitných vlastnostech i defektech. "Historii" se myslí jeho výroba a zpracování, nap . pro kovy a slitiny od lití p es tvá ení až po tepelné zpracování a ůžití.

Etapy zhotovení metalografického výbrusu:

Odb r vzorku

Preparace

Broušení

Lešt ní

P íprava metalografického výbrusu

Metalografický výbrus je vzorek s nalešt ným povrchem. Cílem p ípravy je získání obrazu skute né struktury uvnit ě hmotného vzorku. Znamená to, že je nutné odstran ní

poškození vzniklého vlastním d lením - ezáním. Ryze praktickým d vodem je pot eba zajistit stejné rozm ry pro moderní poloautomatickou p ípravu (podle rozm r zvoleného držáku). Zapouzd ení je nutné i v p ípad , že vzorky jsou p íliš malé a nelze je udržet p i další p íprav . Z hlediska celkové p ípravy, zapouzd ení umožní provád t pozorování až do kraj vzork a zaplnit póry nebo trhliny, které by p ípravu vzork komplikovaly Výbrus se p ípraví tak, že se diamantovou pilou z makrovzorku vy ízne desti ka o ploše obvykle n kolika cm² (na tlouš ce desti ky nezáleží). K zapouzd ení od íznutého dílu se používají dv odlišné technologie: zalévání za studena a zalisování za tepla a k tomu byly optimalizovány n které termoplasty a termosety. Jedná se o metylmetakryláty, polyesterové a epoxidové prysky ice, fenolitické prysky ice. Každá z t chto látek typov i dle komer ního ozna ení má své výhody a nevýhody, je nutno vždy zvážít použití s ohledem na konkrétní p ípad.

Broušení

Poškozenou vrstvu materiálu od ezání je nutno v dalších krocích p ípravy vzork odstranit. To se d je pomocí broušení (terminologicky lépe *lapování*) bu na tradi ních brusných papírech se zrný karbidu k emíku, nebo na litinovém kotou i pomocí brusných prášk (korundových, karborundových nebo diamantových) o r zné zrnitosti. Tyto jsou umíst ny na r zn konstruované podložky z vláken (p írodních nebo um lé) nebo na speciáln vyvinuté povrchy tvo ené kovy, keramikou a prysky ící. O použití typu brusiva rozhoduje velikost, tvrdost a typ úhl ezu - tvar zrn. Brusné papíry postupn ztrácejí na významu a jsou nahrazovány ú inn jšími prost edky. I po posledním kroku broušení, kdy byly odstran ny zbývající ásti poškozené struktury od ezání, jsou na povrchu vzorku ješt mikroskopicky pozorovatelní rysky vytvo ené brousícími zrný. V principu by m lo být v posledním kroku použito brusivo o velikosti cca polovi ní ve srovnání s pozorovanými strukturními objekty. Proto postup broušení je r zný pro r zné materiály a liší se i dle ú elu hodnocení struktury.

Lešt ní

Zbylé rysky odstraní poslední krok p ípravy vzork , a to lešt ní. P i lešt ní již nedochází k žádnému úb ru materiálu. Lešt ním op t dochází k deformaci povrchových vrstev a proto musí být co nejkratší a nejšetn jší. Pro lešt ní se používají textilní podložky a jako leštící prost edky r zné oxidy. Speciálními postupy pro vybrané materiály jsou elektrolytické nebo chemické lešt ní.

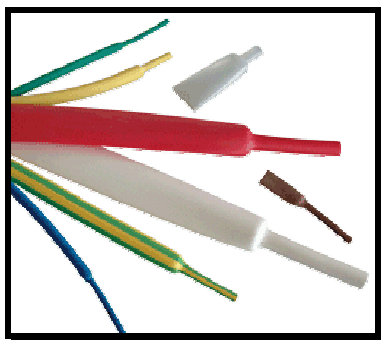
Výbrus musí spl ōvat následující požadavky:

1. plocha výbrusu musí být p esn rovinná, a to v etn okrajových partiích,
2. musí mít jen zanedbatelný reliéf mezi vzorky s r znou tvrdostí,
3. musí mít po vylešt ní povrch bez rýh a vydrolenin,
4. nesmí dojít k zatla ení cizích ástic p i p íprav ,
5. p i zapouzd ení nebo vakuové impregnaci nesmí být dosaženo až takových teplot, které by vedly k fázovým zm nám,
6. povrch nesmí být poškozen – musí se jednat o tzv. v rnou strukturu

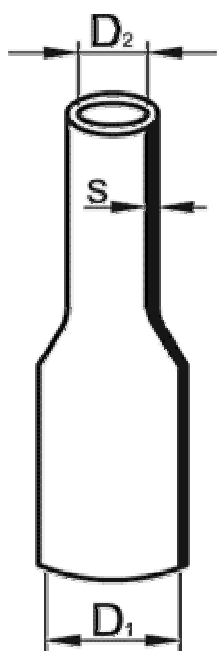
Teprve potom m že nastat objektivní pozorování a vyhodnocení struktury ve vztahu k mechanickým a fyzikálním vlastnostem i k procesu výroby sou ástí, ze kterých byly zkoumané ásti - vzorky odebrány.

2.1.2 Postup zhotovení metalografického výbrusu na konci optických vláken**Fixace konce svazku optických vláken**

Plastová optická vlákna byla na ezána na délku 10 cm. Konec svazku optických vláken byl zafixován do tenkost nné teplem smrštitelné trubi ky od firmy TRACON ELECTRIC s.r.o., která se používá jako izolace a ochrana kabel a vodi . Má vynikající p ilnavost k plastovým materiál m a pryži. Pom r smršt ní je 2:1 p i teplot 110 °C. Materiálem je bezhalogenový polyolefin. K požadovanému smršt ní dochází do 5 minut.



Obr. 16 Tenkost nné teplem smrštitelné trubi ky



D₁	vnit ní pr m r trubi ky p ed smršt ním
D₂	vnit ní pr m r trubi ky po volném smršt ní
S	tlouš ka st ny trubi ky po volném smršt ní

Obr. 17 Teplem smrštitelná trubi ka

Zapouzd ení konce svazku optických vláken

Již zafixovaný konec svazku optických vláken byl vložen do formy a zalit sm sí práškového pojidla VariDur 10. Zalévací hmota je na methylnmethakrylátové bázi. Prášková složka se edidlem se míchají v pom ru 2:1. Licí látka má st ední viskozitu a slabý zápach. Tuhne p i pokojové teplot do 10 minut a maximální teplota p i tuhnutí je 77 °C.

Výrobce práškového pojidla VariDur 10

Buehler GmbH

Dovozce práškového pojidla VariDur 10

HANYKO Praha s.r.o.

O ez vzorku

Zapouzd ený konec svazku optických vláken pojidlem, byl vyjmut z formi ky a p ibližn 1,5 cm od kraje o íznut na p esné diamantové pile IsoMet 1000, která je vhodná pro ezání prakticky všech technických materiál . Plynu le m nitelná rychlost otá ek kotou e, definovaná p ítla ná síla a p esné diamantové kotou e zaru ují bezdeforma ní ez kov a

slitin, keramiky, um lých hmot, kompozit , minerál , elektronických sou ástek, biologických materiál , atd.

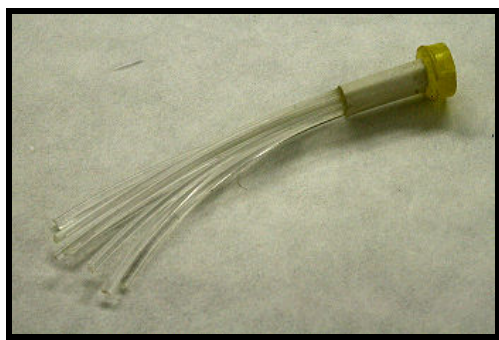
ezaný vzorek je závažím p itla ován k eznému kotou i a zároveň je jeho váha eliminována protizávažím. Za ízení pro upínání rotujících vzork ůmož uje bezproblémov ezat i t žko d litelné materiály. Rotací vzorku se omezují sty né plochy mezi ezným kotou em a vzorkem, lze ezat vyšší rychlostí, s v tším p ítlakem, šet í se ezným kotou . Vestav ný mikrometr umož uje p esné vedení ezu ve zvolené rovin , p ídavný goniometr umož uje ezání pod nastavitelným úhlem.



Obr. 18 Pila IsoMet 1000

Broušení a lešt ní vzorku

Poškozenou vrstvu materiálu od ezání bylo nutno v dalším kroku p ípravy vzorku odstranit. Broušení prob hlo na poloautomatické brusce s rotujícím kotou em na tradi ním brusném papí e se zrný karbidu k emíku. P í následném lešt ní, které prob hlo na stejném stroji p í zm n parametr (otá ek) bylo dosaženo odstran ní zbylých rysek.



Obr. 19 Metalografický výbrus na konci optických vláken

2.2 Aplikace optického vlákna na textilii

Cílem tohoto pokusu bylo zjistit jak se optické vlákno může dodat na aplikovat na povrch textilie potažmo oděvu. Byla zvolena metoda zašití na 3-jehlovým šicím stroji spodem a vrchem krycím.

Použitá textilie

Typ textilie: pletenina

Materiálové složení : 100% BA

Vazba: zátažná 1 lící

Hustota: sloupky - 19 otek/cm

řádky – 14 otek/cm

Celková hustota: 266 otek/cm²

Plošná hmotnost: 220 g/m²

Parametry nit :

Materiálové složení: 100% PL

Jemnost: 16,6 * 2 Tex

Zákrut: Z

Návin: 200 m

3- jehlový šicí stroj spodem a vrchem krycí

Typ šicího stroje: Siruba - F007J-W122-356/FHA.

Jedná se o 3-jehlový šicí stroj se spodním a vrchním krytím. Po vyjmutí střední jehly je možnost šít pouze 2-jehlově. Vyjmutím krajních jehel lze šít dvojitým střezkovým stehem (1-jehlově). Pokud není navlečena vrchní nit lze šít jen se spodním krytím. Tento šicí stroj je zvláště vhodný na šití pletenin, triček, mikin, apod. Pracovní deska má plochu 55x105cm s ergonomickou přední hranou, mítkem a odkládací kapsou. Spojkový motor má sníženou hlučnost 3x380V nebo 1x220V.

Technické parametry:

FHA = vodi na zakládání spodních dělek

délka stehu : 1,2 - 4,0mm

max. otá ky : 6000 ot./min.

rozpich mezi krajními jehlami : 5,6 mm

jehly - UY128 GAS

diferenciální podávání



Obr. 20 3-jehlový šicí stroj spodem a vrchem krycí

T ída 600 - krycí stehy

Tento druh stehu je vícenitný etízkový steh, který se tvo í na dvou - a vícejehlových strojích. Jeho charakteristickým znakem je to, že po lícní i rubové stran ě má vedenu krycí nit (oboustrann ě krycí stehy). To znamená, že je tvo en t emi skupinami nití. Smy ky první skupiny nití procházejí smy kami t etí skupiny, která je již položena na povrchu šitého materiálu a potom šitým materiálem, kde se prováží se smy kami druhé skupiny nití na spodní stranu šitého materiálu. Popsaným zp ůsobem lze vytvo it až devítinitný steh. Výjimku u zp ůsobu provazování stehu je pouze druh stehu 601, u n ěž jsou použity jen dv ě skupiny nití a funkce t etí skupiny vykonává jedna z nití skupiny první.

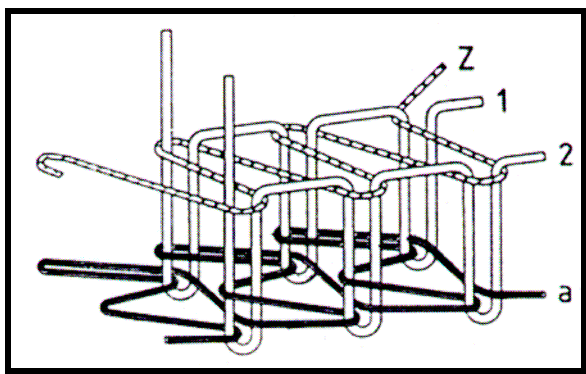
Stehy etízkové

Výhody:

- základním prvkem je vytvoření kličky, do ní je zanesena klička následující nebo klička jiné nití.
- tvoří se i mnoha nitmi a vytvářejí jednu nebo více stehových řad
- nekonečná zásoba spodní a vrchní nití zajišťuje dobrou kontinuitu šití
- používá se na místech, kde vyžadujeme tažnost švu
- dobrá krycí schopnost zezaného okraje materiálu zajišťuje netopení okraje a páření otek u pletenin.

Nevýhody :

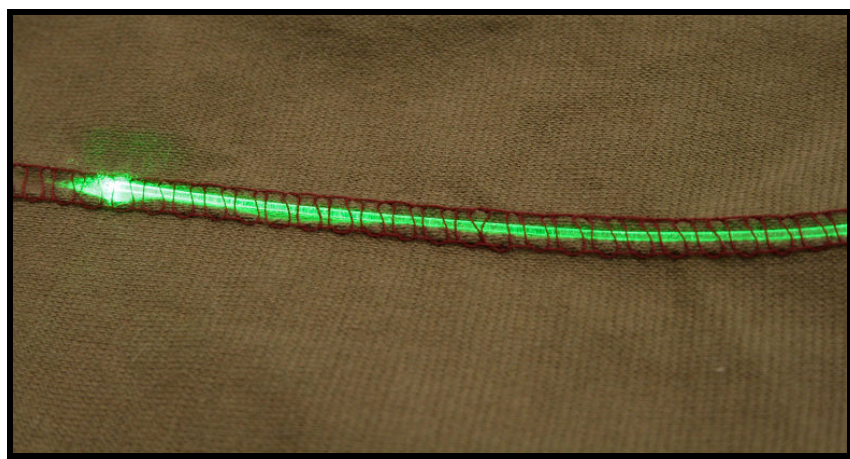
- zvýšená paratelnost při poškození stehu
- obtížné zajištění konce stehové řady
- větší spotřeba nití než u stehů vázaných



Obr. 21 Steh 602



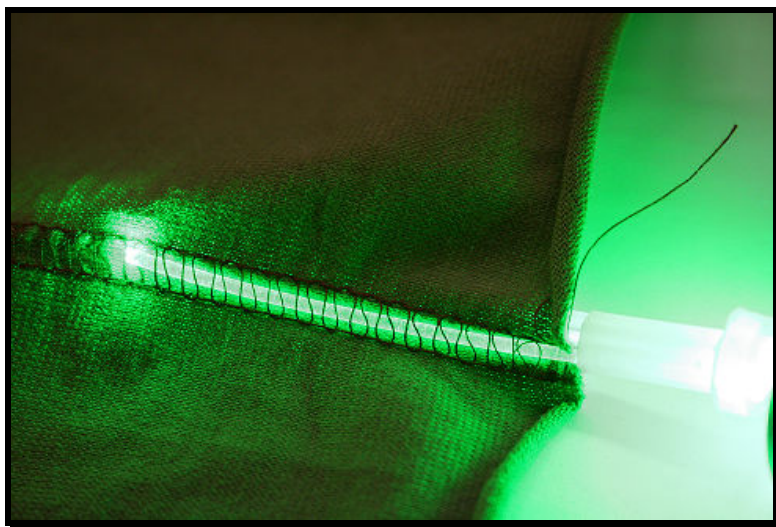
Obr. 22 Aplikace optického vlákna na textilii pomocí stehu 602



Obr. 23 Nasvícení optického vlákna laserem



Obr. 24 Zakončení optického vlákna metalografickým přetěžem



Obr. 25 Nasvícení optického vlákna laserem

Optické vlákno bylo velice snadno zašito na vzorek pleteniny 4 – nitným etízkovým oboustranným krycím stehem (třída 600). Stehem je pevně zachyceno bez možnosti posuvu. Je také možné nejprve vytvořit steh a poté pod něj optické vlákno dodatečně opatrně vložit. K nasvícení optického vlákna byl použit ruční laser o výkonu 800 mW se zelenou barvou paprsku.

Byla také zkoušena možnost optické vlákno na textilní materiál zažehlit při různých teplotách. Vlákno se sice na textiliích nataví, ale dochází ke ztrátě jeho optických vlastností. Proto není toto řešení vhodné.

2.3 Modifikace optických vláken pomocí OZP

Optický zjasňující prostředek

Optický zjasňující prostředek (OZP) absorbují část denního světla, i když pouze jeho neviditelné ultrafialové záření vlnové délky 300-400 nm a přemění je na viditelné světlo s vlnovou délkou (nejméně) 420-440 nm. OZP se používají pro zvýšení bílosti textilních materiálů – bavlny, viskózy, lnu, vlny, přírodního hedvábí, polyamidu, acetátu, ale i pro zjasnění papíru. Stupeň optického zjasnění je závislý na množství vyzářené světelné energie. Se stoupající koncentrací zjasňovacích prostředků až k určité hranici se zvyšuje bílost, po překročení tohoto bodu však nastává zžehnutí materiálu.

V textilním průmyslu se provádí zjasňování *vytahovacími* nebo *impregnačními* postupy. Při vytahovacím postupu se používají OZP s pokud možno vysokou afinitou, zatímco pro impregnační způsob je nutná velmi nízká afinita. Proces zjasňování probíhá nejprve s bělením, zjasňování se však používá také pro zvýšení brilantnosti zejména u pastelových odstínů barveného zboží.

2.3.1 Nános OZP + voda

Vlákna byla nastříhána na délku 20 cm a byla na ně nanášena opticky zjasňující prostředek Rylux PRS. Jednotlivá vlákna byla po různých časových úsecích (1, 5, 10 minut) ponořena v roztoku 1g Ryluxu rozpuštěném ve 200 ml vody. K ponoření optických vláken došlo poté co byl roztok uveden do varu. Následně byla optická vlákna vytažena, podložena papírem a 2h fixována v sušárně při teplotě 90 °C. Poté nasvícena pod UV lampou.

Cílem bylo zjistit zda je možno tímto způsobem na vlákna OZP nanést a zda by touto metodou šla napravit optická vlákna UV zářením.

OZP Rylux PRS byl vybrán z 5 různých práškových zjasňujících prostředků a to: Ryluxu BS, Ryluxu BSU, Ryluxu PRS a Ryluxu BSM. K nanášení na optická vlákna byl zvolen kvůli nejvyšší fluorescenci.

OZP - Rylux PRS

Chemická látka	derivát diaminostilbendisulfokyseliny
Forma	prášek
Rozpustnost	10g/l při 90°C
Afinita	vysoká

Použité přístroje:

Ruční UV lampa od firmy P-LAB a.s., typ NU – 8 KL

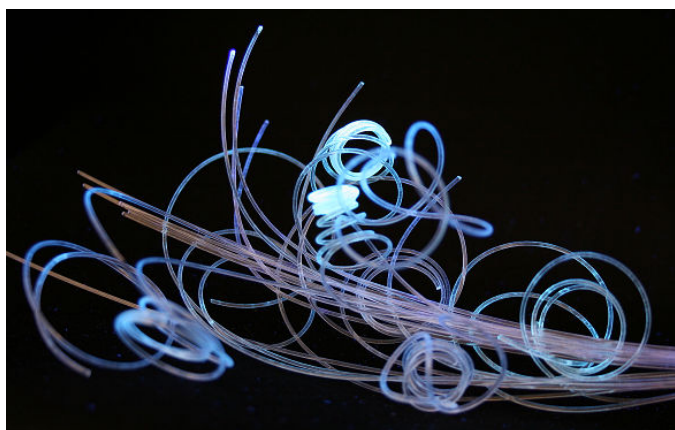
- intenzita ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) 254 / 366 nm

Laboratorní sušárna od firmy BMT – Brněnská medicínská technika a.s.

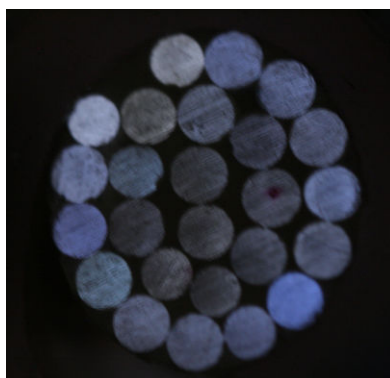
- typ VENTICELL 55 - Standard
- teplotní rozsah od +10 °C nad okolí do 250 °C / 300 °C
- homogenní rozložení teploty ve všech procesech sušení



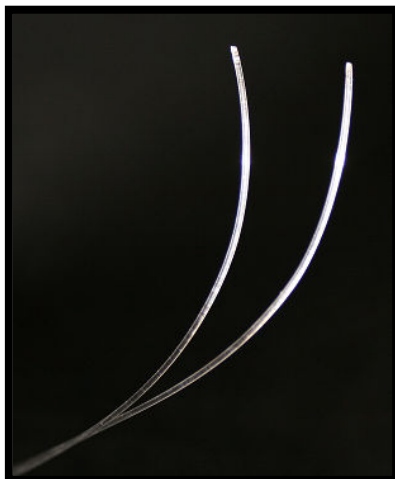
Obr. 26 Laboratorní sušárna od firmy BMT – typ VENTICELL 55



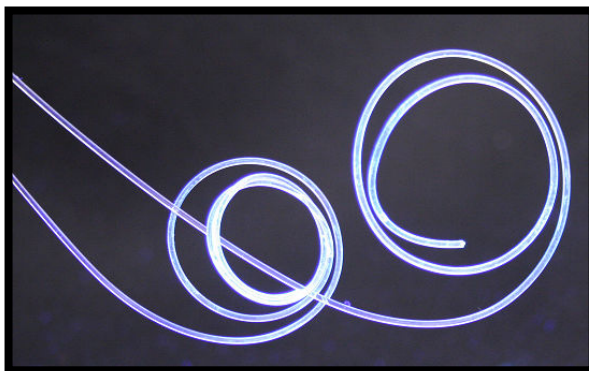
Obr. 27 část svítivodných vláken s nánosem OZP pod UV osvětlením



Obr. 28 Průřez svazkem optických vláken nasvícených UV lampou



Obr. 29 Vlákna ponořená 1 minutu v OZP Rylux PRS



Obr. 30 Vlákna ponořená 5 minut v OZP Rylux PRS pod UV osvětlením



Obr. 31 Vlákna ponořená 10 minut v OZP Rylux pod UV osvětlením

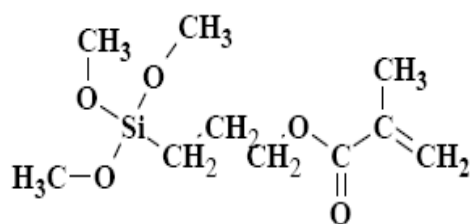
Experiment prokázal, že by se touto metodou na optická vlákna dal opticky zjas ovací prost edek aplikovat a zafixovat. Ovšem se vzr stající dobou pono ení vláken v roztoku nevzr stala jen jejich fluorescence pod následným ozá ením pod UV lampou, ale také jejich deformace (zkroucení).

2.3.2 Nános OZP + Sol gel

Sol gel

Sol gel je koloidní suspenze, která m že být p em n na na pevnou látku (gel). Jde v podstat o transformaci kapalného systému (koloidní *sol*) na pevnou fázi (*gel*). Tímto zp sobem m žeme p ípravit materiály s velkou variabilitou vlastností: velmi jemné prášky, skla, keramická vlákna, anorganické membrány, tenké filmy (ochranné a dekora ní povlaky). Tyto produkty nacházejí uplatn ní v optice, elektronice, senzorech a také ve vesmírných projektech. Díky viskozit p ípraveného solu je možné snadno p ípravit optická a ohnivzdorná keramická vlákna pro optické sensory a tepelnou izolaci.

Základem pro p ípravu solu byl TMSPM ((3-trimethoxysilyl)-propylmethakrylát). Jeho chemický vzorec je uveden na obr. 32.



Obr. 32 Chemický vzorec TMSPM.

Princip p ípravy solu spo íval v rozpušt ní TMSPM v polovin pot ebného množství IPA (Izopropanolu) a rozpušt ní ostatních složek (voda, HCl, BPO) v druhé polovin pot ebného množství IPA. Poté byly oba roztoky za intenzivního míchání smíchány. Vzniklý sol byl zah íván za varu pod zp tným chladi em po dobu 30 min a po této dob byl sol

ochlazen. ást hotového solu byla z ed na s IPA v pom ru 1:4. Sol byl ozna en jako AC4. P ípravu solu provedla Mgr. Veronika Zajícová na Kated e chemie TUL.

Postup nánosu OZP + Sol gelu

Plastová optická vlákna byla na ezána na délku 20 cm. Následn byla po jednom pono ována do rozpoušt cího a odmaš ovacího prost edku dichlormethanu a pokládána na fixa ní papír, kde 30 minut zasychala. Poté bylo 0,2 g Ryluxu PRS rozpušt no ve 20 ml SOL gelu. Roztok ve sklen né trubi ce byl vložen na 10 minut do ultrazvukové vany, aby došlo k lepšímu vst ebání ástic - kdy teplota lázn byla 50°C. Následn po vytažení z ultrazvuku byla do roztoku vlákna do své polovi ní délky pono ována. Poté byla položena na fixa ní papír a vložena na 60 minut do sušárny p i teplot 90°C. Po uplynutí hodiny byla vlákna ze sušárny vytažena a znovu pono ena do roztoku. Poté op t na 60 minut vložena do sušárny. Tento postup se ješt 3 krát opakoval. V kone né fázi tedy vlákna prošla 5 krát fází nánosu a fixace.

Použité p ístroje:

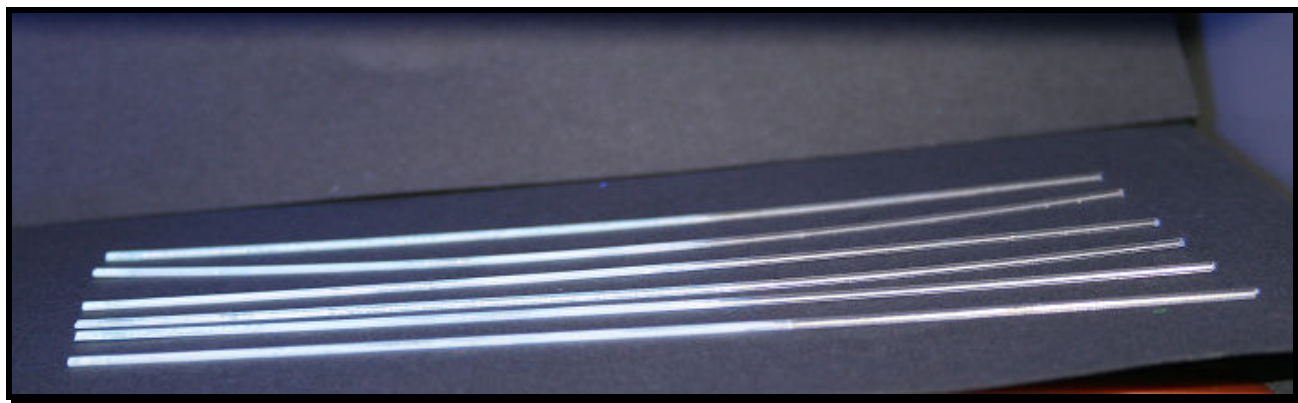
Elektronicky ovládaná ultrazvuková vana od firmy Kraitex Czech s.r.o.

Ultrazvuková ístí ka se skládá ze dvou základních ástí: ultrazvukového generátoru a vany s upevn ěnými ultrazvukovými piezoelektrickými m ni í. Vana i generátor jsou umíst ěny ve spole ném plášti, který je upevn ěn na podstavci.

- ístí a odmaš ůje
- regulovatelný výkon 0 – 100%
- UZ výkon 60 W
- digitální asova 0-90 min/ ∞
- termostat 20-80°C +/- 2°C
- výška hladiny - 80 mm
- objem - 2 l



Obr. 33 Elektronická ultrazvuková vana K-2LE



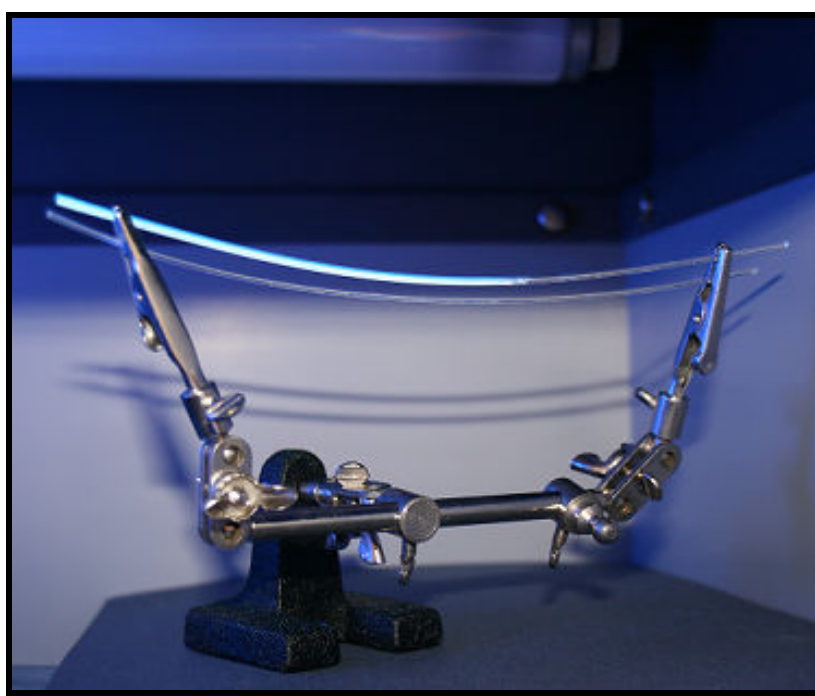
Obr. 34 Optická vlákna s nánosem OZP Ryluxu PRS na denním světle



Obr. 35 Optická vlákna s nánosem OZP Ryluxu PRS pod UV lampou



Obr. 36 Porovnání klasického optického vlákna (spodní) s optickým vláknem opat eným nánosem OZP na denním sv tle



Obr. 37 Porovnání klasického optického vlákna (spodní) s optickým vláknem opat eným nánosem OZP pod UV lampou

2.4 Závěr

V experimentální části této diplomové práce byla použita optická vlákna, která jsou rozměrově nekompatibilní se standardními vlákny, které by byli ve skutečnosti použity. Proto byly i metody implementace optického vlákna do textilní struktury voleny s ohledem na jeho vlastnosti. Nebylo tedy možno použít klasické techniky – tkaní, pletení. Byla vyzkoušena možnost optické vlákno na textilií zašít. Pro tento účel se nejlépe jevily krycí stehy třídy 600, ze kterých byl vybrán 4 – nitný šití oboustranný krycí steh. Optické vlákno bylo pod stehem pevně zachyceno bez dalšího posuvu. Tato metoda by se tedy dala použít. Naopak metoda implementace optického vlákna na textilií zažehlením, možná není. Vlákno se sice na povrch textilie dobře připevňuje, ale dojde ke ztrátě jeho optických vlastností.

V další etapě experimentu byl vymyšlen a popsán způsob napájení optických vláken světlem. Kdy jejich konec byl zafixován, zapouzdřen a poté vytvořen výbrus, používající se v metalografii. Toto „zakončení“ svazku optických vláken umožňuje aktivní ozařování textilie proudem světla.

Jako použitelná se jeví metoda modifikace optických vláken pomocí opticky zjasňujících prostředků s cílem napájet vlákna UV zářením. Zvláště pak kombinace nanosu se solí, který na nich vytvoří zároveň ochranný film naproti poškrábání.

Seznam použité literatury a internetových odkaz

- [1] Passaro.V.: Photonic Processors and Sensors [online]. 15.9.2008, [cit. 2009-10-06].
URL: <http://www.scitopics.com/>
- [2] Technologie p enosu dat p es optická vlákna. *Pctuning* [online]. 22.1.2008, [cit. 2009-09-05]. URL: <http://pctuning.tyden.cz/>
- [3] Dole ek, J.: Moderní u ebnice elektroniky – 3.díl, BEN, Praha 2007
- [4] Feld. M., URL: [http://martin.feld.cvut.cz/~mach/vyuka/X13MTV/Opticka% 20 vlakna.pdf](http://martin.feld.cvut.cz/~mach/vyuka/X13MTV/Opticka%20vlakna.pdf) [cit. 2009-10-13].
- [5] Dvo ák, O.: Pavouk produkuje templát pro optická vlákna. *Akademon* [online]. 21.3.2003, [cit. 2009-09-05]. URL: < <http://akademon.cz/> >
- [6] URL: < http://www.truglo.com/content/products/firearm/handgun_sights/handgun_sights.asp [cit. 2009-05-02].
- [7] Optické vlákno pro motorový prostor, *Technický týdeník* [online]. 7/2006, [cit. 2009-10-13]. URL: < <http://www.techtydenik.cz> >
- [8] Tarán, J., Pet ík, S.: Optické vláknové senzory, ALFA, Bratislava 1991
- [9] URL: < <http://www.gtwm.gatech.edu/> > [cit. 2010-04-12].
- [10] Starcape, URL: < http://www.starceiling.co.uk/fibre_optic_fabric.html > [cit. 2010-01-02].
- [11] Šašek, L.: Optovláknové sníma e teploty, *Automa* [online]. 1/2003, [cit. 2009-10-13].
URL: < <http://www.odbornecasopisy.cz> >

Seznam obrázků

OBR. 1 SNELL V ZÁKON	12
OBR. 2 SLOŽENÍ OPTICKÉHO VLÁKNA	13
OBR. 3 NUMERICKÁ APERTURA	17
OBR. 4 PRINCIP PŘENOSU PÁRSKU JEDNOVÍDOVÝM VLÁKNEM	18
OBR. 5 VLÁKNO SE SKOKOVOU ZMĚNOU INDEXU LOMU	21
OBR. 6 VLÁKNO S GRADIENTNÍ ZMĚNOU INDEXU LOMU	22
OBR. 7 METODA DVOJÍHO KELÍMKU	23
OBR. 8 METODA “TYČKA V TRUBCE”	23
OBR. 9 VÝROBA VLÁKEN Z PREFORMY	24
OBR. 10 MIDLÁ POUŽÍVAJÍCÍ TECHNOLOGII SVÍTLOVODNÝCH VLÁKEN.	29
OBR. 11 MIDLÁ POUŽÍVAJÍCÍ PATENTOVANOU T.F.O. TECHNOLOGII	29
OBR. 12 SUNDARESAN JAYARAMAN VYNALEZL TECHNIKU, KTERÁ VYUŽÍVÁ APLIKACI OPTICKÝCH VLÁKEN DO ODĚVU	33
OBR. 13 ZÁCLONY SE ZATKANÝMI OPTICKÝMI VLÁKNY – S NAPÁJENÍM LED BATERIÍ	33
OBR. 14 ZÁKLADNÍ NEZPRACOVANÁ TEXTILIE S OPTICKÝMI VLÁKNY OSVÍCENÁ Z JEDNÉ STRANY	34
OBR. 15 POTAH NA PODHLAVNÍK A POLŠTÁČ S POUŽITÍM OPTICKÝCH VLÁKEN	34
OBR. 16 TENKOSTINNÉ TEPEM SMRŠTITELNÉ TRUBIČKY	37
OBR. 17 TEPEM SMRŠTITELNÁ TRUBIČKA	38
OBR. 18 PILA ISO MET 1000	39
OBR. 19 METALOGRAFICKÝ VÝBRUS NA KONCI OPTICKÝCH VLÁKEN	39
OBR. 20 3-JEHLOVÝ ŠICÍ STROJ SPODEM A VRCHEM KRYCÍ	41
OBR. 21 STEH 602	42
OBR. 22 APLIKACE OPTICKÉHO VLÁKNA NA TEXTILII POMOCÍ STEHU 602	43
OBR. 23 NASVÍCENÍ OPTICKÉHO VLÁKNA LASEREM	43
OBR. 24 ZAKONČENÍ OPTICKÉHO VLÁKNA METALOGRAFICKÝM PŘÍKLEM	43
OBR. 25 NASVÍCENÍ OPTICKÉHO VLÁKNA LASEREM	44
OBR. 26 LABORATORNÍ SUŠÁRNA OD FIRMY BMT – TYP VENTICELL 55	46
OBR. 27 ČÁST SVÍTLOVODNÝCH VLÁKEN S NÁNOSEM OZP POD UV OSVÍCENÍM	46
OBR. 28 PŘÍKLEM SVÁZKEM OPTICKÝCH VLÁKEN NASVÍCENÝCH UV LAMPOU	46
OBR. 29 VLÁKNA PONOŘENÁ 1 MINUTU V OZP RYLUX PRS	47

OBR. 30 VLÁKNA PONOŘENÁ 5 MINUT V OZP RYLUX PRS POD UV OSVĚTLENÍM	47
OBR. 31 VLÁKNA PONOŘENÁ 10 MINUT V OZP RYLUX POD UV OSVĚTLENÍM	47
OBR. 32 CHEMICKÝ VZOREC TMSPM.	48
OBR. 33 ELEKTRONICKÁ ULTRAZVUKOVÁ VANA K-2LE	50
OBR. 34 OPTICKÁ VLÁKNA S NÁNOSEM OZP RYLUXU PRS NA DENNÍM SVĚTLE	50
OBR. 35 OPTICKÁ VLÁKNA S NÁNOSEM OZP RYLUXU PRS POD UV LAMPOU	50
OBR. 36 POROVNÁNÍ KLASICKÉHO OPTICKÉHO VLÁKNA (SPODNÍ) S OPTICKÝM VLÁKNEM OPATŘENÝM NÁNOSEM OZP NA DENNÍM SVĚTLE	51
OBR. 37 POROVNÁNÍ KLASICKÉHO OPTICKÉHO VLÁKNA (SPODNÍ) S OPTICKÝM VLÁKNEM OPATŘENÝM NÁNOSEM OZP POD UV LAMPOU	51